Sonderdruck aus „FERNSEH & KINO TECHNIK“, 8 + 9/97, S. 522 – 528, Hüthig Verlag, Heidelberg

Y. NAGAOKA, J. HONMA, D. GIFFORD, N. NEUBERT

Digital-S: Videokomprimierung, Aufzeichnung und Interfaces

Von JVC Professional Products wurde Digital S entwickelt, ein professionelles, digitales Video-Bandaufzeichnungssystem hoher Qualität zu ökonomischen und den Anwender annehmbaren Kosten. Dabei wurden neue Videotechniken angewandt, die im Beitrag beschrieben werden, insbesondere sehr detailliert das Aufzeichnungsformat und Interfaces.

Mit Digital-S wurden die vorgesehenen drei Hauptziele erreicht: eine sichtbare Verbesserung der Bildqualität auch bei Multigenerationen-Erstellung, die sich aus der digitalen Video-Aufzeichnungstechnik ableitet; eine qualitativ hohe aber trotzdem ökonomische, kosteneffektive digitale Video-Aufzeichnungslösung für anspruchsvolle professionelle Anwender.

Y. Nagaoka, J. Honma und D. Gifford sind Mitarbeiter der Victor Company of Japan, N. Neubert bei JVC Professional Products Company

JVC

JVC PROFESSIONAL PRODUCTS GMBH
Grüner Weg 10 · 61169 Friedberg
Tel.: 0 60 31/6 05-0 · Fax: 0 60 31/60 52 80

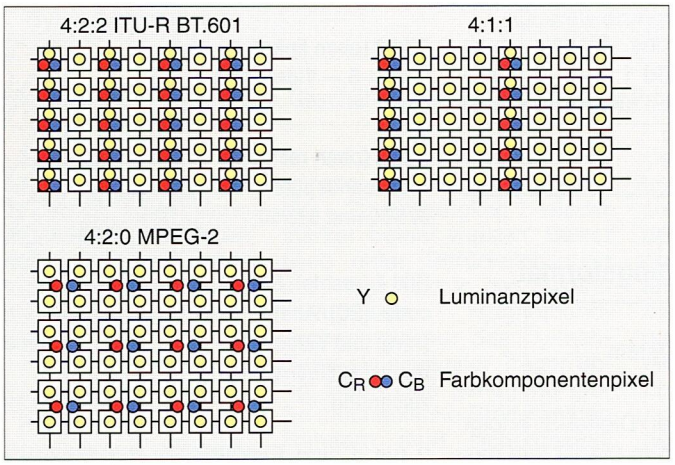


Bild 1.
Übliche Bildabtaststrukturen

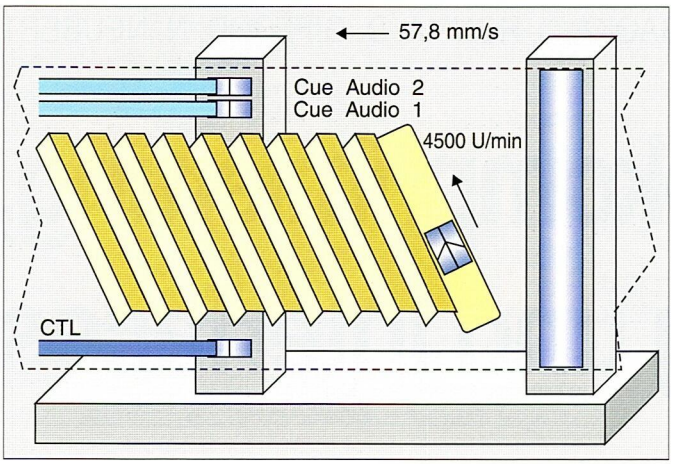
1. Entwicklungskonzept für Digital-S

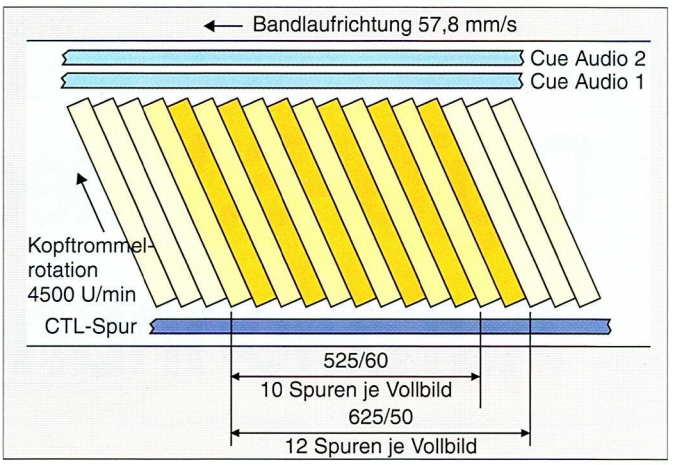
Vor der technischen Entwicklung wurden zahlreiche Leistungsvorgaben und Anwenderwünsche aufgelistet, die Berücksichtigung finden sollten. Obwohl die Aufzeichnungskapazität eines digitalen Videorecorders sehr groß ist, stellt die Bitratenreduktion doch eine wichtige Technik dar, die zu einer weiteren Erhöhung der Aufzeichnungsdauer bei einer gegebenen Bandlänge benutzt werden kann. Bei Digital-S wird deshalb Bitratenreduktion angewandt. Die Kompressionsrate für Digital-S wurde dabei so gewählt, daß an Leistungen und Eigenschaften erreicht werden

- — Bildqualität gemäß digitaler 4:2:2-Komponententechnik,
- — Verwendung eines robusten High-Density-$^1/_2$-inch-Metallpartikelbands,
- — Aufnahme/Wiedergabezeit von zwei Stunden,
- — hohe Multigenerations-Kopierleistung,
- — exzellente digitale Suchlaufeigenschaft,
- — ausgezeichnete Leistungen bei allen Anwendungsbereichen von der Aufnahme bis zum hochwertigen Editing.

Diese Forderungen führten zur Wahl eines 3,3:1-Kompressionsverhältnisses für die Bitratenreduktion beim Digital-S-Aufzeichnungsformat. Zusätzlich zu den angeführten Forderungen führte die Aufgabe, alle Editingverfahren, -operationen und -funktionen, das bildgenaue Schneiden und einen Band-Suchlauf mit sichtbarem Bild mit 32facher Normal-Wiedergabegeschwindigkeit bei Vor- und Rücklauf zu erreichen, zur Verwendung von Bitratenreduktion innerhalb eines Vollbildes. Diese Intraframe-Kompression bei Digital-S ermöglicht auch eine ausgezeichnete Fehlerbehandlung.

Bei Digital-S wird die 4:2:2-Bildabtastung gemäß ITU-R BT 601 angewandt. Die Fernsehverteiltechnik für den Heimempfang wird sich wahrscheinlich sehr schnell in Richtung digitaler Übertragung entwickeln. Dabei werden komprimierte digitale Signale gemäß MPEG-2 zum Einsatz kommen. Die Wahl der 4:2:2-Abtastung gewährleistet dabei eine zufriedenstellende Verkettung mit der





4:2:0-Abtaststruktur des Signals nach MPEG-2 ML@MP. **Bild 1** zeigt drei übliche Bildabtaststrukturen für professionelle Fernsehanwendungen.

2. Digital-S-Video-Bandaufzeichnungsformat

2.1. Aufzeichnungssystem

Die Aufzeichnung bei Digital-S erfolgt mit einem Azimutsystem (±15°), um das Übersprechen von benachbarten Spuren zu unterdrücken. Ein rotierender Löschkopf ist eingebaut, um jedes Segment und jede Spur individuell während des Schneidens zu löschen bzw. zu bespielen und damit zuverlässige, bildgenaue Einfügungen und Montagemöglichkeiten für die Editierung zu gewährleisten.

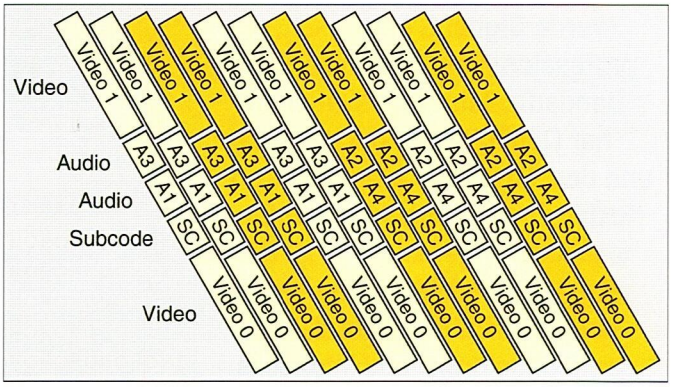
Die angewandte Modulationsmethode ist S-INRZI/24-25 mit PR4-Erfassung. Die erforderliche Aufzeichnungsdichte wird durch die Verwendung einer Spurbreite von 20 µm, einer 2-bit-Länge von 0,587 µm und einer Aufzeichnungstaktfrequenz, die auf 49,5 MHz eingestellt wurde, erreicht. Als Fehlerkorrektursystem wurde eine Doppelcodier-Korrekturmethode gewählt unter Verwendung des Reed-Solomon-Verfahrens. Dieses Verfahren macht sogar das Verdecken von Wiedergabefehlern möglich, wenn einer der Aufnahmeköpfe fehlerhaft arbeitet, weil die Daten durch die Wiedergabedaten des vorhergehenden Bildes vom anderen Kopf interpoliert werden können.

Bei Digital-S kommt ein $^1/_2$-inch-Metallpartikel-Videoband in einer robusten Kassette, ähnlich denen von S-VHS und W-VHS, zur Anwendung. In den **Bildern 2 bis 4** sind Einzelheiten der Digital-S-Videoband-Spurmuster aufgezeigt. Ein Videobild wird beim 525/60-Fernsehsystem auf zehn Spuren, beim 625/50-System auf zwölf Spuren aufgezeichnet. Das digitale Videosignal, die digitalen Audiosignale und der Subcode (einschließlich der Systemdaten) werden in Schrägspurtechnik durch die rotierenden Köpfe aufgezeichnet. Die Sektoren werden der Reihenfolge Video 0, Subcode, Audio 1/3, Audio 4/2, Video 1 aufgezeichnet. Zwischen den Sektoren sorgen Editierungslücken dafür, daß unabhängiges Editieren jedes Sektors möglich ist. **Bild 5** zeigt die detaillierte Sektorenanordnung auf jeder Spur.

Bild 2 (oben links). Digital-S — Videobandlauf

Bild 3 (oben rechts). Videobandspuren — 525/60 und 625/50

Bild 4 (rechts). Subcode- (SC), Audio- (A(n)) und Videosektoren bei 625/50-Aufzeichnung



2.2. Details der Bandspur

Der Aufzeichnungs-/Wiedergabebereich auf der Schrägspur ist der Sektor, bei dem sich der Abtastbereich des Aufzeichnungskopfes und der Abtastbereich des Wiedergabekopfes überlappen; also der Bereich vom Abtaststartpunkt des Wiedergabekopfes bis zum Endpunkt der Abtastung des Aufnahmekopfes. Dieser Aufzeichnungs-/Wiedergabebereich befindet sich in der Mitte der Videobandes.

Der ITI-Sektor (s. Bild 5) enthält die Insert-Positionssteuerung für das Editing von Inserts und Informationen über die aufzuzeichnende Spur. Der ITI-Sektor wird an drei Stellen entlang der Spur aufgezeichnet, so daß er bei allen Geschwindigkeiten gelesen und wiedergegeben werden kann.

Der Audiosektor befindet sich in der Mitte der Spur, so daß der Einfluß nichtlinearer Faktoren klein genug bleibt, um einen ausreichenden Wiedergabestörabstand des HF-Signals an den Eingangs- und Ausgangspunkten des Insert-Editing zu gewährleisten.

Die im Subcode-Sektor aufgezeichnete Information wird für die Suche bei hoher Geschwindigkeit gebraucht. Sie besteht hauptsächlich aus indexverknüpfter Information einschließlich der absoluten Spurnummer und des Zeitcodes. Aus diesem Grund ist der Subcode-Sektor ebenfalls in der Mitte der Spur untergebracht, so daß er während der Wiedergabe bei hoher Geschwindigkeit erkannt und wiedergegeben werden kann.

Digital-Videorecorder, die komprimierte Signale aufzeichnen, benötigen Verarbeitungszeit sowohl für die Codierung (Komprimierung) als auch für die Decodierung (Dekomprimierung). Digital-S braucht für das Codieren wie für das

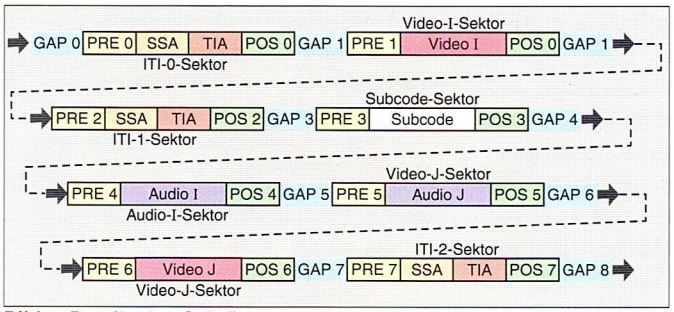


Bild 5. Details des Schrägsspursektoren

ITI = Insert- und Spurbereich, GAP = Überschreib-Spielraum, PRE(n) = Präambel, SSA = Start des Synchronisierblock-Bereichs, TIA = Spurinformationsbereich, POS(n) = Nachsatz (Post amble), Video(I,J) = Videodaten, SC = Subcode-Daten, Audio(I,J) = Audiodaten

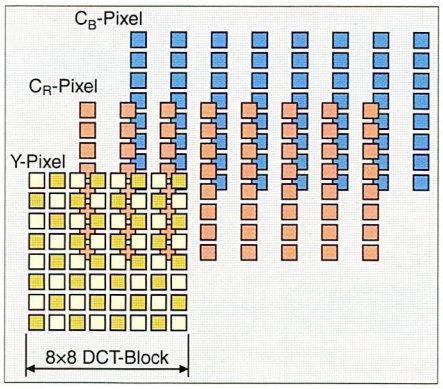


Bild 6 (links).DCT-Blöcke 8×8 Pixel für Y, C_R, C_B

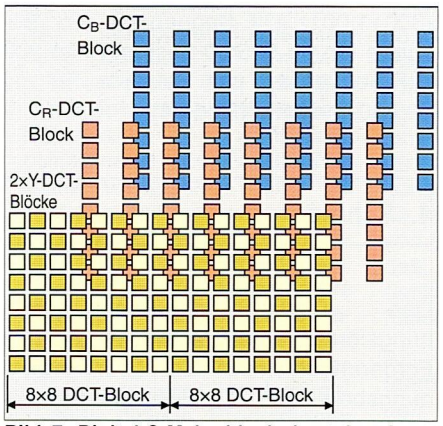


Bild 7. Digital-S-Makroblock, bestehend aus vier DCT-Blöcken

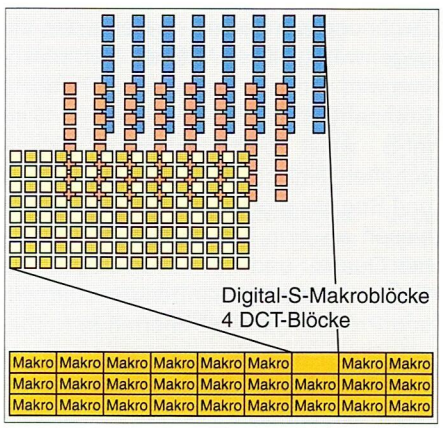


Bild 8. Digital-S-Superblock bestehend aus 27 Makroblöcken (9H×3V)

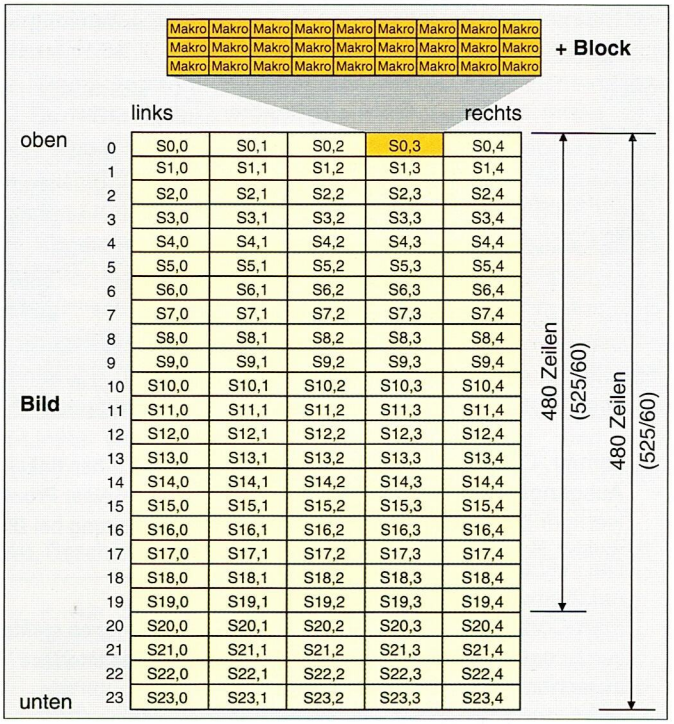


Bild 9 (rechts). Superblock-Positionen innerhalb des Bildes

Decodieren eine Verarbeitungszeit von zwei Video-Vollbildern. Codieren und Decodieren sind bei Digital-S also symmetrisch. Digital-S hat für die Aufzeichnung und die Wiedergabe getrennte Köpfe. Die Pre-Read-Funktion fordert, daß die Köpfe auf der Kopftrommel geometrisch so angebracht sind, daß der Wiedergabekopf ungefähr vier Bilder vor dem Aufzeichnungskopf liegt. Das ist die Zeit, die für die Decodierungs/Codierungsverarbeitung benötigt wird. Für den Pre-Read-Betrieb ist der Wiedergabekopf etwa einen Millimeter höher auf der Kopftrommel angeordnet als der Aufzeichnungskopf.

2.3. Elemente des Video/Audio-Sektors

Die Synchronisierungsblockelemente sind für Video und Audio die gleichen und bestehen aus

Sync-Bereich	—	2 Bytes
ID-Code	—	3 Bytes
Daten	—	77 Bytes
innere Parität	—	8 Bytes
insgesamt	—	90 Bytes

Für den inneren Code wird die Reed-Solomon-Codierung (85, 77) sowohl für Audio als auch Video benutzt. Für den äußeren Code wurde der Reed-Solomon-Code (149, 138) für Video und der Reed-Solomon-Code (14, 9) für Audio gewählt. Der äußere Audio-Code hat durch Parität eine größere Redundanz und eine größere Korrekturmöglichkeit als der Video-Code.

2.4. Videosignalverarbeitung

Zur Anwendung bei Digital-S kommt DCT (Discrete Cosinus Transformation), um das Videosignal in eine 8×8-Matrix von DCT-Koeffizienten umzuwandeln **(Bild 6)**. Sie repräsentieren die Frequenzen und ihre Amplituden, die in jeweils 8 Horizontal- × 8 Vertikal-Pixeln des Bildes enthalten sind, für die nachfolgende Kompressionsquantisierung. 8×8-DCT-Blöcke werden in vielen Videokomprimierungssystemen verwendet, so auch hier. Luminanz, Y, und jede Farbkomponente, R–Y und B–Y, enthalten 8×8-DCT-Blöcke.

Die DCT-Blöcke werden kombiniert und bilden Makroblöcke **(Bild 7)**. Ein Digital-S-Makroblock besteht aus zwei Luminanz-(Y)-DCT-Blöcken und je einem DCT-Block für die Farbkomponenten R–Y und B–Y. Ein Makroblock enthält eine Gesamtmenge von vier DCT-Blökken. Ein Makroblock ist das Grundelement des Fehlerverdeckungsprozesses bei Digital-S.

Makroblöcke werden kombiniert und bilden Superblöcke **(Bilder 8 und 9)**. 27 benachbarte Makroblöcke, 9 horizontale und 3 vertikale, bilden zusammen einen Superblock.

Die Superblöcke sind im Video-Vollbild so angeordnet, daß lineare Sequenzen

von ihnen, die kohärente und kontinuierliche Zeilen im Video-Vollbild darstellen, auf das Videoband aufgezeichnet werden können und so eine gut erkennbare Bildwiedergabe in den Modi Shuttle, Suchlauf und Zeilupenwiedergabe gestatten. Digital-S liefert eine gute Bildwiedergabe bei Suchgeschwindigkeiten bis zum 32fachen der normalen Wiedergabegeschwindigkeit im Vor- und Rücklauf und eine qualitativ hochwertige Digital-Slow-Motion-Wiedergabe zwischen $\pm^1/_3$ der normalen Wiedergabegeschwindigkeit.

Digital-S schreibt sechs Spurenpaare, um ein Video-Vollbild auf Band aufzuzeichnen. Die Spurenpaare werden von zwei Kopfpaaren geschrieben, die mit einem Abstand von 180° auf der Kopftrommel angeordnet sind. Die Köpfe in jedem Paar weisen umgekehrte Azimutwinkel auf. Die erste Spur eines Paares hat einen positiven Azimutwinkel und die zweite einen negativen. Superblöcke, die den gleichen Anteil jedes Video-Vollbildes repräsentieren, werden daher durch die gleichen Kopfpaare auf die gleichen Spuren aufgezeichnet bzw. von den gleichen Spuren wiedergegeben, weil es für jedes Video-Vollbild zwei Kopfpaare gibt und sechs eine gerade Anzahl von Spurpaaren ist. Folglich werden ungerade und gerade Reihen von Superblöcken alternierend in der ersten (positiven) Azimutspur und in der zweiten (negativen) Azimutspur der aufeinanderfolgenden Vollbilder aufgezeichnet, so daß das wiedergegebene Bild alle zwei Vollbilder erneuert werden kann, falls ein Fehler bei einer Einzelspur oder einem Wiedergabekopf auftreten sollte **(Bild 10)**.

Für 525/60-Systeme werden fünf Spurpaare, eine ungerade Anzahl, von den gleichen zwei Kopfpaaren (eine gerade Anzahl) aufgezeichnet. Daher wird jede Spur vom gegenüberliegenden Kopfpaar für jedes folgende Vollbild aufgezeichnet bzw. abgespielt und eine alternierende — ungerade/gerade — Superblockaufzeichnung ist nicht erforderlich.

2.5. Shuffling

Vor der Codierung (Komprimierung) mischt Digital-S die digitalen Daten eines Vollbilds durcheinander, um komplexe Bilddaten über das gesamte Videobild zu verteilen. Komplexe Bildinformationen akkumulieren in charakteristischer Weise in wenigen bestimmten Bereichen des typischen Fernsehbildes. Shuffling zerlegt jedes Video-Vollbild in Einheiten von einem Makroblock und verteilt dabei die benachbarten Makroblöcke gleichmäßig über das gesamte Videobild. Bereiche von hoher Bildkomplexität werden so in kleinen Makroblock-Einheiten über den ganzen digitalen Datenstrom verteilt. Beim Komprimierungsprozeß ergeben sich deshalb keine extremen Datenmengen innerhalb sehr kurzer Zeitabschnitte mit dem Ergebnis, daß die Komprimierungsleistung deutlich verbessert wird.

Digital-S erzeugt einen sequentiellen Strom von digitalen Videodaten-Segmenten als Input für den Komprimierungsprozeß. Ein Segment besteht aus fünf Makroblöcken, die durch den Shuffling-Prozeß aus dem gesamten Video-Vollbild ausgewählt wurden. Mit dem Shuffling wird versucht sicherzustellen, daß die Datenmenge in allen Video-Segmenten möglichst gleich groß ist **(Bild 11)**.

2.6. Quantisierung und variable Längencodierung

Digital-S ist ausgelegt für die konventionelle DCT-Transformation der zeitbasierten digitalen Videodaten in einen Strom von frequenzbasierten DCT-Koeffizienten. Der dabei zur Anwendung gelangende Quantisierungsprozeß unterscheidet sich völlig von anderen Verfahren wie beispielsweise M-JPEG oder MPEG-2. Vor der eigentlichen Quantisierung wird der Datenstrom einem Klassifizierungs-Processing unterworfen sowie einem Skalierungsprozeß und einer Schätzfunktion.

1. Ein DCT-Datenblock wird zuerst in eine von vier Gruppen klassifiziert, die durch den darin enthaltenen maximalen Absolutwert der AC-Koeffizienten bestimmt ist. Ein einfacher 8×8 Pixel-DCT-Block, der nur eine geringe Information enthält, die schwierig zu komprimieren ist, kann nur wenige AC-Koeffizienten von niedrigem Wert enthalten. Ein solcher DCT-Block könnte daher ein DCT-Block der Klasse 0 sein. Ein DCT-Block, der eine komplexe Bildinformation enthält, wird viele AC-Koeffizienten

Bild 10 (unten). Sechs Spurpaare je Vollbild sind bei 625/50-Digital-S vorgesehen

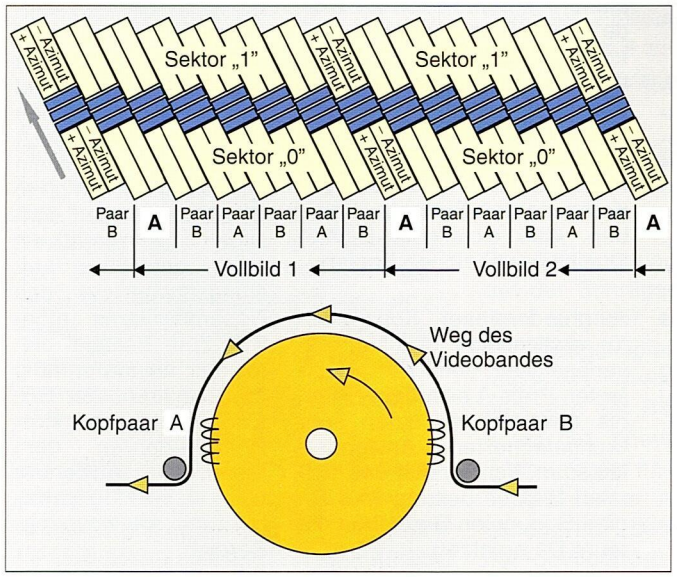
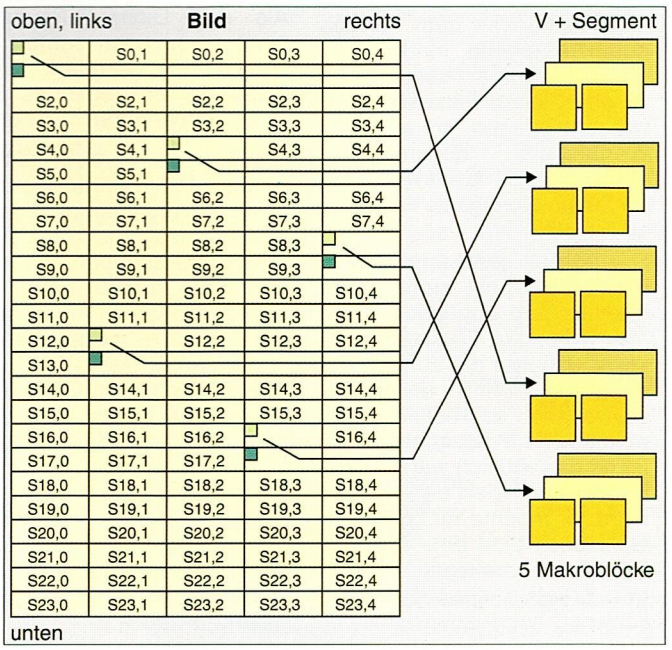


Bild 11 (rechts). Shuffle-Muster



von mittlerem Wert enthalten oder sogar nur wenige AC-Koeffizienten von hohem Wert. Ein solcher Block könnte dann zu den DCT-Blöcken der Klasse 3 gehören.

2. Die Anfangsskalierung (initial scaling) transformiert die AC-Koeffizienten von 10 auf 9 Bits, indem sie sie abrundet. Die Klasse 3 wird genauer gerundet als die Klassen 0, 1 und 2.

3. Die Schätzung (estimation) ist ein Prozeß, bei dem der Quantisierungsfaktor ausgewählt wird, der auf jedes Digital-S-Video-Segment (Sequenz von fünf Makroblöcken) angewendet werden soll. Die quantisierten Daten dürfen eine Maximalgröße von 385 Bytes für jedes Video-Segment nicht überschreiten. Der Quantisierungsfaktor wird durch einen Prozeß der Abschätzung der Ausgangsdaten des Quantisierers aus den DCT-Daten der AC-Koeffizienten abgeleitet, die am Quantisiereingang für jedes Video-Segment vorhanden sind. Die Faktoren werden so ausgewählt, daß die geringste Komprimierung und damit die bestmögliche Bildqualität innerhalb des Ausgangs-Limits von 385 Bytes erreicht wird.

4. Der angewandte Quantisierungsfaktor, das ist eine effektive Zahl, durch die die DCT-AC-Koeffizientendaten im Quantisierer geteilt werden, wird durch den Schätzungsprozeß bestimmt. Vier definierte, frequenzabhängige Bereiche der 8×8-DCT-Blökke können durch unterschiedliche Divisoren quantisiert werden, und es gibt neun mögliche Divisorkombinationen für diese vier Bereiche. Die Divisoren werden durch die Klassifizierungsnummer der DCT-Daten in jedem Video-Segment und der Quantisierungszahl von 0 bis 15 be-

Wie ist Digital-S im Markt einzuordnen? Peter Sibbe, Geschäftsführer JVC Professional Products GmbH, antwortet

Videoproduzenten stellen immer wieder die Frage, „Wie kann ich die verschiedenen digitalen Inseln, Effektgeräte, Mischer, Schriftgeneratoren noch besser, noch effektiver nutzen und wie kann ich mit meinem Produktionsstudio dem Kunden eine wesentlich bessere Leistung bieten als der Mitbewerber?“

Mit der Einführung der analogen Komponentenaufzeichnung (Betacam SP und MII) gab es Ende der achtziger Jahre den ersten großen Qualitätssprung. Auflösung, Störabstand und Farbqualität sowie weitgehend noch die Tonaufzeichnung waren erstmals völlig ausreichend für einen Großteil der Produktionen. Doch inzwischen kommen die analogen Komponenten-Maschinen in die Jahre und gleichzeitig wird dem Kunden durch exzellente, modern gestaltete digitale Produktionen im öffentlichen Fernsehen sowie in einigen traumhaften Werbespots dokumentiert, welche neuen kreativen Möglichkeiten die digitale Produktion bietet.

Der fröhlich zwinkernde Hund im Werbespot sieht ganz harmlos und unproblematisch aus. Nur der Fachmann erkennt dahinter die aufwendige Morphing-Technik und kann sich schnell ausrechnen, was eine solche Produktion kostet. Ist es das wirklich wert? Diese Frage interessiert den Kunden nicht. Er möchte für günstiges Geld doch bitte eine ähnliche Produktion bekommen, und der Kreative erwartet natürlich, daß seine anspruchsvollste Idee auch schnell und unproblematisch von der Technik realisiert werden kann. Zehn Lagen Multilayering kommen da schnell zusammen, aber schon nach der vierten Lage sagen die analogen Komponentensysteme „Adieu“.

Wahre Quantensprünge macht die technische Entwicklung im Bereich der digitalen Videoaufzeichnung, seitdem das Consumer-DV-Format zur Marktreife entwickelt wurde. Plötzlich stehen die hochwertigsten Bauelemente in exzellenter Qualität zu unglaublich günstigen Preisen zur Verfügung. Da diese Bauelemente für die zuverlässige Fertigung von Großserien entwickelt wurden, kann mit einem außerordentlich stabilen Langzeitverhalten gerechnet werden.

Als das Digital-S-Planungsteam vor einigen Jahren diesen neuen Standard konzipierte, wurde folgendes Szenario beschrieben:

1. Nach einer kurzfristigen Euphorie über Extrem-Kompressionen, vereinfachte Komponentenaufzeichnung mit 4:1:1- oder 4:2:0-Signalen, Aufzeichnung auf andere Träger wie Platte oder $^1/_4$-inch-Consumer-Formate, werden die Videoproduktionsstudios sehr schnell wieder die Qualität als höchste Priorität einsetzen. Daher fiel die Entscheidung für eine 4:2:2-Aufzeichnung mit 50 Mbit/s, also einer Datenrate wie sie inzwischen, und auf dem Montreux-Symposium wieder bestätigt, von allen Fachleuten als ideal angesehen wird.

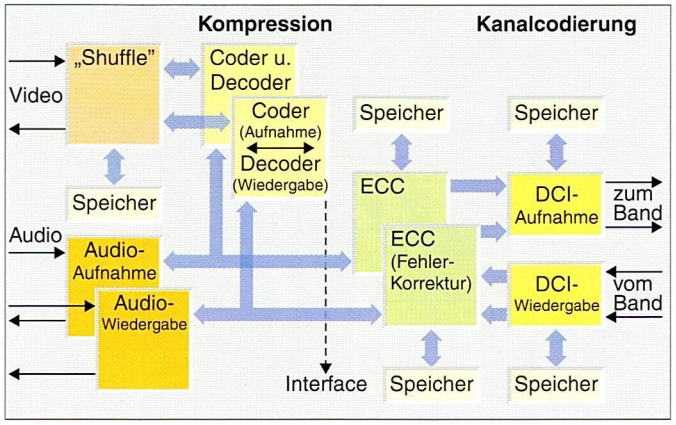
2. Als zweites Kriterium wird gerade im Produktionsbereich die Zuverlässigkeit wieder stärker betont werden. Daher blieb unter Berücksichtigung der heute und in der Zukunft verfügbaren Magnetband-Technologie nur das $^1/_2$-inch-Band als sinnvoller Träger übrig. Denn eine genügend große mechanische Breite an den Rändern muß sichergestellt sein, um zwei analoge Cue-Spuren zu ermöglichen und auch bei langfristiger Lagerung einen stabilen Abspielbetrieb sicherzustellen. Das hat weiterhin den Vorteil, daß durch die weite Verbreitung dieses Bandformats auch langfristig die Verfügbarkeit gesichert ist.

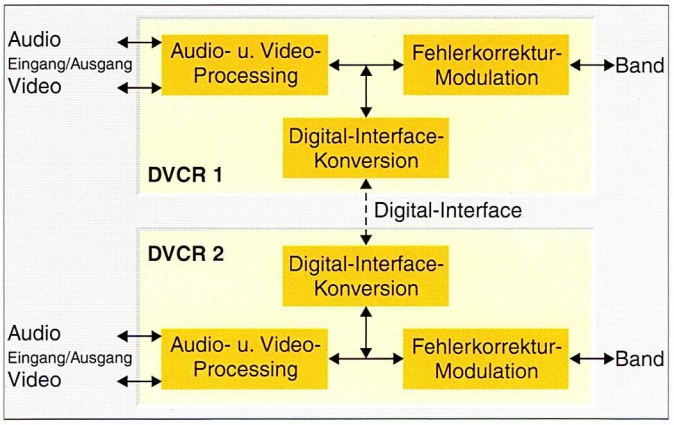
3. Die laufenden Kosten. Wir gehen davon aus, daß weite Teile der Anwender auch in Zukunft unter extremem Kostendruck stehen. Daher wurde Digital-S so entwickelt, daß trotz der signifikanten Qualitätssteigerung gegenüber den analogen Komponenten-Systemen die Kosten für den Gesamtbetrieb der Geräte weiterhin im Rahmen des analogen Komponenten-Budgets bleiben. Also exzellente Digital-Qualität zu analogen Kosten.

Aufgrund dieser Konzeption für erstklassige Qualität, Zuverlässigkeit und dem exzellenten Preis-/Leistungsverhältnis erwarten wir einen sehr breitgefächerten Anwenderkreis. Im Top-Bereich der digitalen Bildbearbeitung wird Digital-S in vielen Bereichen die teure D1 ersetzen.

Camcorder mit $^1/_2$-inch- und $^2/_3$-inch-CCD-Lösungen sowie eine Andockversion für vorhandene Kameras stehen für den Außenaufnahmebereich zur Verfügung. Weiterhin gibt es eine preisgünstige Serie mit einfacheren Leistungsmerkmalen für den Non-Broadcast-Bereich.

Somit bietet JVC einer breiten Palette von professionellen Anwendern die Möglichkeit, von der analogen Komponententechnik problemlos auf erstklassige digitale Komponententechnik umzusteigen, — gewissermaßen nach dem Motto „Plug and play“ kann der analoge Aufzeichnungsrecorder aus bestehenden Systemen herausgenommen und durch den digitalen Schnittrecorder ersetzt werden. Schon allein mit diesem Schritt ohne Veränderung der sonstigen Peripherie ist eine deutliche Leistungssteigerung des Gesamtsystems möglich. Zum Beispiel bietet das standardmäßig im Schnittrecorder *BR-D85* vorhandene Pre-Read-Verfahren dem kreativen Anwender völlig neue Möglichkeiten im Multilayering-Bereich.





stimmt. Damit ist gesichert, daß die Ausgangsdaten stets 385 Bytes oder weniger betragen.

5. Die variable Längencodierung benutzt einen zweidimensionalen Huffman-Code. Die Länge der Codefolge wird bestimmt durch die Beziehung zwischen dem „Run", der Länge der aufeinanderfolgenden periodischen Nullen, und dem „Amp", der Amplitude jedes von Null abweichenden Datenwerts, der einem „Run" von Nullen in jedem quantisierten Datenblock unmittelbar folgt.

Bild 12 (oben links). Beispiel einer Prozessorschaltung bei Digital-S

Bild 13 (oben rechts). Digitales Interface

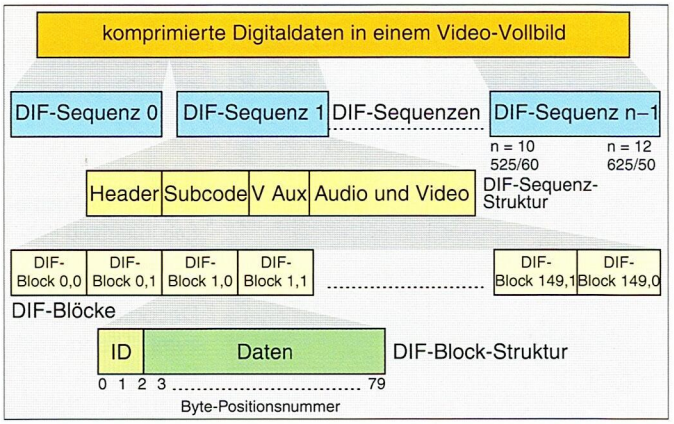


Bild 14 (rechts). Struktur der Übertragungsdaten

2.7. Modulation

Das Digital-S-Modulationsschema sieht eine Kombination von randomisierten (Zufalls-)Bitströmen und verschachtelter NRZI-Codierung vor. Mit dieser Methode werden die niedrigen Frequenzen weniger beeinflußt als bei den NRZI-Verfahren mit PR4-Codierung. Der Modulationsprozeß wird durch die Anwendung der 24-25-Transformation vervollständigt. Das Ergebnis ist eine Modulationsschaltung hoher Leistung bei geringerem Schaltungsaufwand, als von anderen Block-Modulationsverfahren, wie zum Beispiel 8-14, benötigt wird **(Bild 12)**.

Die Daten werden randomisiert durch die Verwendung der M-Serien-Polynomfunktion $x^7 + x^3 + 1$. Die Modulation 24-25 fügt ein zusätzliches Bit am Anfang von drei aufeinanderfolgenden randomisierten Bytes ein, so daß sich ein 25-bit-Codewort ergibt. Das zusätzliche Bit kann eine „1" oder eine „0" sein und wird eingefügt, um lange aufeinanderfolgende Sequenzen von gleichen Bits zu vermeiden, damit die AC-Charakteristik des Modulationssignals erhalten bleibt.

3. Interface

Digital-S liefert einen komprimierten Digitaldaten-Interface-Bitstrom, der als DIF-Strom bekannt ist. Der DIF-Strom kann dazu benutzt werden, komprimierte Digital-S-Signale zwischen Digital-S-Videorecordern zu übertragen, ohne daß sie in oder aus ITU-R BT.601 codiert bzw. decodiert werden müssen. Der DIF-Bitstrom kann durch Anwendung eines komprimierten seriellen Digital-I/F-Prozesses (Compressed Serial Digital I/F Process) innerhalb des Digital-S-Recorders in eine SDI-Datenstruktur nach ITU-R BT.656 / SMPTE 259M formatiert werden. Der komprimierte Digital-S-Bitstrom wird dann als konventionelles SDI-Signal ausgegeben und kann dann über vorhandene Studioeinrichtungen und deren schon bestehende Infrastruktur sowie Standard-SDI-Router transportiert werden **(Bild 13)**.

Die Daten in einem Video-Vollbild werden für die 525/60-Systeme in zehn DIF-Sequenzen und für die 625/50-Systeme in 12 DIF-Sequenzen geteilt. Jede DIF-Sequenz enthält Header, Subcode, V_{aux} sowie den Audio/Video-Datenteil und besteht aus 300 DIF-Blökken. Die Übertragungsrate beträgt (300+1,001) DIF-Sequenzen pro Sekunde für die 525/60-Systeme und 300 DIF-Sequenzen pro Sekunde für die 625/50-Systeme **(Bild 14)**.

4. Schluß

Das Digital-S-Video-Bandaufzeichnungsformat wurde entwickelt, um die Forderungen einer Vielzahl von Anwendungsbereichen für Videoaufzeichnungen zu erfüllen. Das System stellt eine perfekte Ergänzung und einen Begleiter für die professionellen analogen Aufzeichnungsgeräte und -systeme dar, die gegenwärtig ihren Dienst verrichten, und wird von JVC Professional Products Company und anderen angeboten. Digital-S weist bemerkenswerte Eigenschaften hinsichtlich Leistung, Technik und Spezifikationen auf, die den Bedürfnissen an eine Videoaufzeichnung hoher Qualität und den Forderungen von Fernsehproduzenten, Sendern und Video-Professionals gleichermaßen erfüllen. Diese Anforderungen sind erreicht worden bei gleichzeitig deutlicher Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wie sie bisher bei der digitalen Videoaufzeichnung nicht bekannt war.